

Verfahren und Vorrichtung zum Fördern von pulverförmigem Material

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fördern von pulverförmigem Material gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 8. Das Verfahren und die Vorrichtung werden insbesondere in Pulverlackieranlagen eingesetzt, um Pulverlack mittels Druckluft im Dichtstrom aus einem Vorratsbehälter in eine Förderleitung und durch diese zu einer Sprühpistole oder einer anderen Sprühauftragsvorrichtung zu fördern.

Bisher wurde in Pulverlackieranlagen der Pulverlack gewöhnlich pneumatisch im Dünnstromverfahren durch schlauchförmige Förderleitungen aus einem Vorratsbehälter zur Sprühpistole gefördert. Dies bereitet jedoch Probleme, erstens weil relativ große Druckluftmengen benötigt werden, zweitens weil der Durchmesser der schlauchförmigen Förderleitung verhältnismäßig groß sein muss, und drittens infolge von Verschleißproblemen im Bereich abknickender Förderwege. Aus diesem Grund wurden in den vergangenen Jahren in einigen Pulverlackieranlagen Versuche mit der sogenannten Pfropfen- oder Dichtstromförderung unternommen, bei welcher der Pulverlack zyklisch entweder durch Schwerkraft oder mittels Unterdruck in eine Kammer eingebracht und dann mit Druckluft wieder aus der Kammer ausgestoßen und in Form von aufeinanderfolgenden "Pfropfen" durch die Förderleitung zur Sprühauftragsvorrichtung gefördert wird.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Pfropfen- oder Dichtstromförderung von pulverförmigen Stoffen mit Ansaugung durch Unterdruck ist bereits aus der DE 196 43 523, der DE 196 54 649 oder der EP 0 937 004 B1 bekannt. Die bekannte Vorrichtung weist eine zylindrische Pumpkammer auf, die an ihrem unteren Stirnende mit einer Austragsöffnung für das Fördergut und an ihrem oberen Stirnende mit einem für das Fördergut undurchlässigen plattenartigen Filterelement versehen ist, durch das die Pumpkammer abwechselnd mit einer Vakuumpumpe bzw. mit einer Druckgasquelle verbunden werden

ERSATZBLATT (REGEL 26)

BEST AVAILABLE COPY

kann, um zum Befüllen der Pumpkammer Fördergut aus einem Vorratsbehälter durch einen seitlich in die Pumpkammer mündenden Stutzen anzusaugen bzw. um zum Entleeren der Pumpkammer das darin befindliche Fördergut durch die Austragsöffnung in eine Austragsleitung zu drücken. Um eine genaue Dosierung des Förderguts und gleichzeitig eine hohe Fördermenge zu ermöglichen, sollte die Pumpkammer ein möglichst geringes Füllvolumen aufweisen und in einem möglichst kurzen Arbeitszyklus befüllt und entleert werden. Um das letztere zu erreichen, muss jedoch das Gas verhältnismäßig schnell aus der Pumpkammer abgesaugt bzw. in die Pumpkammer zugeführt werden, wozu eine möglichst hohe Druckdifferenz zwischen dem Inneren der Pumpkammer und der Vakuumquelle bzw. der Druckgasquelle erforderlich ist. Eine hohe Druckdifferenz am Filterelement führt jedoch zu einer stärkeren Biege- und Druckbelastung des letzteren und damit zu einer Verkürzung seiner Lebensdauer, weshalb das Filterelement mit Stützgittern oder dergleichen abgestützt werden muss. Dies wiederum führt jedoch zu einer Verringerung seines Durchlassquerschnitts, weshalb man die Wahl zwischen einer stärkeren Belastung und damit einer kürzeren Lebensdauer des Filterelements und einem höheren Gasdurchsatz und damit einem kürzeren Arbeitszyklus hat. Bei der pneumatischen Förderung von Pulverlack kommt hinzu, dass dieser eine Korngröße $< 80 \mu\text{m}$ aufweist, wobei etwa 10 bis 15 % in einem Korngrößenbereich $< 5 \mu\text{m}$ liegen. Da dies im Bereich des Porendurchmessers der verwendeten Filtermaterialien liegt, können Partikel mit kleiner Korngröße tief in das Filterelement eindringen oder dieses sogar passieren. Einige der zuerst genannten Partikel bleiben beim anschließenden Beaufschlagen mit dem Druckgas im Filterelement zurück, wo sie sich ggf. erst nach längerer Zeit wieder lösen, was bei einem Farbwechsel zu Verunreinigungen der lackierten Oberflächen führen kann. Die zuletzt genannten Partikel können zumindest bei Verwendung von Membranpumpen als Unterdruckerzeuger zu deren Beschädigung führen. Ein geringerer Porendurchmesser zur Vermeidung dieser Probleme würde jedoch wiederum einen geringeren Gasdurchsatz und damit längere Arbeitszyklen zur Folge haben. Außerdem

Können bei der bekannten Vorrichtung beim Entleeren der Kammer auch innerhalb des Ansaugstutzens Farbreste zurückbleiben, was bei einem Farbwechsel ebenfalls Lackverunreinigungen zur Folge haben kann.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass die Lebensdauer des Filterelements verlängert und Verunreinigungen desselben leichter vermieden werden können.

) Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das gasdurchlässige Filterelement ein Hohlzylinder ist, der anders als beim Stand der Technik keine Kammerstirnwand sondern einen Teil der Umfangswand der Kammer bildet. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass sich durch diese Maßnahme auf einfache Weise die Filterfläche des Filterelements vergrößern und damit die Druckdifferenz zwischen der äußeren und der inneren Oberfläche des Filterelements bei gleichem Gasdurchsatz verkleinern lässt, ohne dass dadurch das Volumen der Kammer vergrößert und demzufolge die Dosiergenauigkeit verschlechtert wird. Anders als im Fall einer stirnseitigen Anordnung des Filterelements gestattet es ein als Umfangswandabschnitt ausgebildetes Filterelement außerdem, in axialer Richtung geradlinig durch die Kammer zu fördern, wodurch eine reibungslosere Förderung gewährleistet wird. Darüber hinaus sind außer am Ein- und Auslass der Kammer keine bewegten Teile erforderlich.

Das hohlzylindrische Filterelement besteht zweckmäßig aus einem Sintermaterial, vorzugsweise aus gesinterten Kunststoffpulver, da bei Verwendung derartiger starrer Filtermaterialien auf ein Stützmaterial verzichtet werden kann. Ein zylindrisches Filterelement aus einem starren Filtermaterial weist zudem eine höhere Stabilität als ein ebenes Filterelement gleicher Größe auf und kann daher bei entsprechender Durchlässigkeit mit geringerer Wandstärke gefertigt werden. Zweckmäßig ist die

Porengröße des Sintermaterials kleiner als die kleinste Korngröße des geförderten pulverförmigen Materials, das heißt bei der Förderung von Pulverlack vorzugsweise kleiner als 5 μm .

Um eine gleichmäßige Beaufschlagung mit Unterdruck bzw. Druckgas sicherzustellen, ist das Filterelement zweckmäßig von einem Gehäuse umgeben, das durch einen zylindrischen Ringraum vom Filterelement getrennt ist. Der Ringraum ist abwechselnd mit einer Unterdruckquelle bzw. einer Druckgasquelle verbindbar, entweder durch einen einzigen Anschluss oder vorzugsweise durch zwei Anschlüsse, von denen der eine in der Nähe seines dem Auslass zugewandten Stirnendes angeordnet und mit Unterdruck beaufschlagbar ist, während der andere in der Nähe seines dem Einlass zugewandten Stirnendes angeordnet und mit Druckgas beaufschlagbar ist. Mit der zuletzt genannten Anordnung wird infolge einer schnelleren Befüllung der Kammer und eines größeren Füllgrades sowie infolge einer schnelleren und vollständigeren Entleerung der Kammer eine beträchtliche Steigerung der Förderleistung ermöglicht.

Eine weitere Steigerung der Förderleistung kann durch Auswahl eines optimalen Verhältnisses zwischen der Länge und dem Innendurchmesser des hohlzylindrischen Filterelements erreicht werden, das vorzugsweise im Bereich zwischen 10 und 30 liegen sollte.

Durch Versuche hat sich gezeigt, dass verhältnismäßig kurze Arbeitszyklen von weniger als 0,5 s zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ansaugvorgängen ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer des Filterelements möglich sind, wenn sich das letztere über mehr als ein Drittel der Länge der Kammer zwischen dem Einlass und dem Auslass erstreckt und vorzugsweise eine Länge aufweist, die etwa der Hälfte der Länge der Kammer entspricht.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die an die beiden Stirnenden des Filterelements

angrenzenden zylindrischen Umfangswandabschnitte der Kammer nachgiebig ausgebildet sind, und dass der Einlass und der Auslass im Bereich der nachgiebigen Umfangswandabschnitte angeordnet sind und jeweils durch ein pneumatisch arbeitendes Quetschventil gasdicht geschlossen werden.

Der Einlass und der Auslass der Kammer sind bevorzugt an deren entgegengesetzten Stirnenden angeordnet, so dass bei Verwendung einer einzigen abwechselnd mit Druckgas und Unterdruck beaufschlagten Kammer der Förderweg im Bereich der letzteren geradlinig, d.h. ohne Knickstellen oder Biegungen, verlaufen kann. Ein möglichst kleiner Druckabfall entlang des Förderwegs wird auch dadurch erreicht, dass das Filterelement und die übrige Kammer einen im Wesentlichen dem Innendurchmesser einer Beschickungsleitung zwischen dem Vorratsbehälter und der Kammer bzw. der Förderleitung entsprechenden Innendurchmesser aufweist und so der Förderweg keine größeren Querschnittsveränderungen unterliegt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Zufuhr des Druckgases in die Kammer während der Förderung des pulverförmigen Materials durch das Filterelement hindurch, um die der Kammer zugewandte Innenseite desselben von anhaftendem pulverförmigem Material zu reinigen. Da es infolge einer triboelektrischen Aufladung des pulverförmigen Materials bei der Förderung jedoch auch an anderen Stellen in der Kammer zu einer elektrostatischen Anhaftung von Pulverpartikeln kommen kann, für deren Abreinigung der durch das Filterelement hindurch erzeugte Druckgasstoß gegebenenfalls nicht ausreicht, wird zur Reinigung zweckmäßig Druckgas am Filterelement vorbei durch ein Reinigungsventil in die Kammer zugeführt.

Um zu verhindern, dass pulverförmiges Material durch dieses Reinigungsventil hindurch aus der Kammer austritt, wenn die Kammer bei der Förderung durch das Filterelement hindurch mit Druckgas beaufschlagt wird, weist das Reinigungsventil vorzugsweise eine Membran auf, die während der Zufuhr von

Druckgas durch das Reinigungsventil elastisch verformt wird und eine Eintrittsöffnung für das Druckgas in die Kammer freigibt und die sich bei Beendigung der Druckgaszufuhr durch das Reinigungsventil in ihre ursprüngliche Gestalt zurückverformt, in der sie die Eintrittsöffnung dicht verschließt. Die Membran kann zum Beispiel von einem gummielastischen Schlauchstück gebildet werden, das über die mit Durchtrittsöffnungen versehene Umfangswand eines an seinem freien Stirnende geschlossenen Rohrstutzens gezogen ist und bei der Zufuhr von Druckgas ins Innere des Rohrstutzens durch den Gasdruck von dessen Umfangsfläche abgehoben wird, so dass das Druckgas zwischen der Membran und der Umfangswand hindurch in die Kammer strömen kann.

Während es grundsätzlich möglich wäre, den zur Ansaugung von pulverförmigem Material in die Kammer erforderlichen Unterdruck mittels einer Membranpumpe zu erzeugen, sieht eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, einen sogenannten Vakuuminjektor zu verwenden, der mit Druckluft aus der Druckluftquelle beaufschlagt wird und nach dem Venturi-Prinzip einen Unterdruck erzeugt.

Um einen noch schnelleren Arbeitstakt zu erreichen, ist die Vorrichtung zweckmäßig in bekannter Weise mit zwei Kammern versehen, von denen jeweils immer eine gefüllt wird, während die andere entleert wird. Die beiden Kammern sind in diesem Fall vorzugsweise parallel zueinander ausgerichtet und durch Y-förmige Leitungsabschnitte mit einer gemeinsamen Beschickungs- bzw. Förderleitung verbunden, wobei die Winkel zwischen dem Fuß und den beiden Armen des Y und an den Enden der Arme am Übergang zu den parallelen Kammern vorzugsweise jeweils kleiner als 30 Grad sind, um eine möglichst unbehinderte Materialförderung mit geringen Druckverlusten sicherzustellen.

Um die Konstruktion der Vorrichtung mit Doppelkammer zu vereinfachen, werden die Einlässe und die Auslässe beider Kammern mit nur zwei Verschlussmechanismen geöffnet und

geschlossen, von denen einer den Einlass der ersten Kammer schließt und gleichzeitig den Einlass der zweiten Kammer öffnet und der andere den Auslass der zweiten Kammer öffnet und gleichzeitig den Auslass der ersten Kammer schließt. Die beiden Verschlussmechanismen umfassen zweckmäßig jeweils einen doppelwirkenden Pneumatikzylinder mit zwei entgegengesetzten Kolbenstangen, deren freie Enden die nachgiebige Wand der benachbarten Kammer eindrücken, um deren Einlass bzw. Auslass zu verschließen.

Die Pneumatikzylinder sind vorzugsweise mittels zweier elektromagnetischer Mehrwege-Schaltventile in ihren Druckluftzufuhrleitungen ansteuerbar, so dass es möglich ist, zu Reinigungszwecken den Einlass und den Auslass einer Kammer gleichzeitig zu öffnen, zum Beispiel um diese Kammer zusammen mit der Beschickungsleitung und der Förderleitung vom Vorratsbehälter aus auszublasen.

Eine weitere Vereinfachung der Konstruktion der Doppelkammer-Vorrichtung ist dadurch möglich, dass zur gleichzeitigen Beaufschlagung von einer Kammer mit Unterdruck und der anderen Kammer mit Druckgas ein einziges Vier- oder Fünfwege-Schaltventil verwendet wird, von dessen zwei bzw. drei Eingängen einer mit einer Druckluftquelle und der bzw. die anderen mit einem vorzugsweise als Vakuuminjektor ausgebildeten Unterdruckerzeuger verbunden sind, während seine beiden Ausgänge jeweils mit einer der Kammern verbunden sind und durch Umschaltung des Ventils abwechselnd mit dem Druckluft-Eingang bzw. einem der Unterdruck-Eingänge verbunden werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur pneumatischen Förderung von Pulverlack im Dichtstromverfahren mit zwei Förderkammern;

Fig. 2: eine teilweise geschnittene und etwas schematisierte Ansicht der Vorrichtung entsprechend Fig. 1;

Fig. 3: eine vergrößerte Längsschnittansicht eines Teils von einer der beiden Förderkammern der Vorrichtung;

Fig. 4: ein vereinfachtes Pneumatikschaltbild eines Teils der Vorrichtung;

Fig. 5: eine Schnittansicht eines bevorzugten Unterdruckerzeugers der Vorrichtung;

Fig. 6: eine Längsschnittansicht eines alternativen Reinigungsventils zum Zuführen von Reinigungsdruckluft in die Förderkammern;

Fig. 7: eine Draufsicht auf eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung entsprechend Fig. 1;

Fig. 8: eine Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 7 entsprechend Fig. 2;

Fig. 9: eine vergrößerte Längsschnittansicht eines Teils von einer der beiden Förderkammern der Vorrichtung aus Fig. 7 und 8 entsprechend Fig. 3;

Fig. 10: ein vereinfachtes Pneumatikschaltbild eines Teils der Vorrichtung aus den Figuren 7 und 8.

Die in den Figuren 1, 2, 7 und 8 der Zeichnung dargestellten Vorrichtungen 2 dienen dazu, Pulverlack 4 für die elektrostatische Pulverlackierung von Gegenständen pneumatisch im Dichtstromverfahren aus einem Vorratsbehälter 6 zu einer Sprühpistole 8 zu fördern.

Die Vorrichtungen 2 weisen dazu zwei parallele zylindrische Förderkammern 10, 12 auf, deren entgegengesetzte offene

Stirnenden jeweils einen Einlass 14, 16 bzw. einen Auslass 18, 20 für den geförderten Pulverlack 4 bilden und mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt 22 einer zum Vorratsbehälter 6 führenden Beschickungsleitung 24 bzw. mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt 26 einer zur Sprühpistole 8 führenden flexiblen Förderleitung 28 verbunden sind.

Jede der beiden Förderkammern 10, 12 ist im Bereich ihres Einlasses 14, 16 und ihres Auslasses 18, 20 mittels eines Quetschventils 30 verschließbar. Die Quetschventile 30 für die beiden Einlässe 14, 16 sind ebenso wie die Quetschventile 30 für die beiden Auslässe 18, 20 jeweils mittels eines zwischen den beiden Förderkammern 10, 12 angeordneten doppelwirkenden Pneumatikzylinders 32 betätigbar. Die Pneumatikzylinder 32 weisen jeweils zwei Kolbenstangen 34 auf, die nach entgegengesetzten Seiten überstehen und deren sphärisch gerundete freie Enden 36 am Einlass 14, 16 bzw. am Auslass 18, 20 durch Ausnehmungen 38 in einem starren zylindrischen Außenwandabschnitt 40 der benachbarten Förderkammer 10, 12 hindurch mit einem elastisch verformbaren nachgiebigen Innenwandabschnitt 42 der Kammer 10, 12 in Eingriff treten, um diesen gegen einen gegenüberliegenden Kammerwandteil zu drücken und den Einlass 14, 16 bzw. den Auslass 18, 20 luftdicht zu verschließen. Außer im Bereich der Ausnehmungen 38 sind die elastischen Innenwandabschnitte 42 fest mit den starren Außenwandabschnitten verbunden, um ihre Kontraktion beim Anlegen eines Unterdrucks in der Kammer 10, 12 zu verhindern.

Die beiden Pneumatikzylinder 32 sind jeweils durch ein elektromagnetisches Mehrwege-Schaltventil 44, 46 (Figuren 1 und 7) mit einem Druckluftbehälter 48 (Figuren 4 und 10) verbunden. Im Förderbetrieb werden die beiden Schaltventile 44, 46 immer so geschaltet, dass die Pneumatikzylinder 32 kreuzweise mit Druckluft beaufschlagt werden, so dass bei einer Kammer 10 der Einlass 14 geöffnet und der Auslass 18 geschlossen ist, während bei der anderen Kammer 12 der Einlass 16 geschlossen und der

Auslass 20 geöffnet ist, oder umgekehrt (wie in den Figuren 2 und 8 dargestellt).

Um ein Ansaugen von Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 in die Kammer 10 bzw. 12 mit dem geöffneten Einlass 14 bzw. 16 und ein Ausstoßen des angesaugten Pulverlacks 4 aus der Kammer 12 bzw. 10 mit dem geöffneten Auslass 20 bzw. 18 in die Förderleitung 28 zu ermöglichen, sind die beiden Kammern 10, 12 jeweils mit einem luftdurchlässigen und für Pulverlack 4 undurchlässigen hohlzylindrischen Filterelement 50 versehen, das die Kammer 10, 12 zwischen ihrem Einlass 14, 16 und ihrem Auslass 18, 20 auf einem Teil ihrer Länge in Umfangsrichtung begrenzt und einen Umfangswandabschnitt der Kammer 10, 12 bildet.

Das hohlzylindrische Filterelement 50 besteht aus gesintertem Polyethylen mit einer Wanddicke zwischen 2 und 4 mm und einer Porengröße von etwa 5 µm und weist einen Innendurchmesser zwischen 5 und 30 mm auf, der im Wesentlichen dem Innendurchmesser der an beiden Seiten angrenzenden Wandabschnitte 40, 42, der Y-förmigen Leitungsabschnitte 22 und 26 sowie der Beschickungsleitung 24 und der Förderleitung 28 entspricht. Das Filterelement 50 erstreckt sich etwa über die halbe Kammerlänge (zwischen den Mitten der Quetschventile 30 gemessen), wobei es zweckmäßig eine Länge zwischen 20 und 70 mm aufweist. An seinen beiden Stirnenden ist das Filterelement luftdicht mit dem jeweils anschließenden Umfangswandabschnitt 40, 42 verbunden.

Wie am besten in den Figuren 3 und 9 dargestellt, ist jedes Filterelement 50 von einem Gehäuse 52 umgeben, das durch einen zylindrischen Ringraum 54 vom Filterelement 50 getrennt ist. Bei der Vorrichtung aus den Figuren 1 und 2 weist das Gehäuse 52 einen Anschluss 56 auf, der abwechselnd mit Unterdruck aus einem Unterdruckerzeuger 58 (Fig. 4) und mit Druckluft aus dem Druckluftbehälter 48 (Fig. 4) beaufschlagbar ist. An den beiden entgegengesetzten Stirnenden des Gehäuses 52 und des

Filterelements 50 ist jeweils ein Schlauchstutzen 58 vorgesehen, auf den der anschließende elastisch nachgiebige Umfangswandabschnitt 42 aufgeschoben und mittels Schlauchschellen (nicht dargestellt) befestigt werden kann. Die Schlauchstutzen sind 58 durch Überwurfmutter 60 mit dem Gehäuse 52 verschraubt. Zwischen den Schlauchstutzen 58 und das Filterelement 50 bzw. das Gehäuse 52 eingesetzte Dichtringe 62, 64 sorgen dafür, dass bei der Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Druckluft in diesem Bereich keine Druckluft aus der Kammer 10, 12 oder aus dem Ringraum 54 des Gehäuses 52 entweicht und bei der Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Unterdruck keine Luft von außen in die Kammer 10, 12 oder in den Ringraum 54 eintritt.

Wie am besten in Fig. 4 dargestellt, wird der Druckluft-/Unterdruck-Anschluss 56 am Gehäuse 52 jeder Förderkammer 10, 12 über ein elektromagnetisches 5-Wege-Schaltventil 66 abwechselnd mit dem Unterdruckerzeuger 58 und mit dem Druckluftbehälter 48 verbunden, um die jeweilige Kammer 10, 12 zur Ansaugung von Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 bei geöffnetem Einlass 14 bzw. 16 und geschlossenem Auslass 18 bzw. 20 mit Unterdruck zu beaufschlagen bzw. den in die Kammer 10, 12 gesaugten Pulverlack 4 bei geschlossenem Einlass 14 bzw. 16 und geöffnetem Auslass 18 bzw. 20 durch Zufuhr von Druckluft in die Kammer 10, 12 aus der Kammer 10, 12 auszustoßen und im Dichtstrom- oder sogenannten Pfropfen-Förderverfahren durch die Förderleitung 28 zu drücken.

Der durch einen Verdichter 68 mit Druckluft befüllbare Druckluftbehälter 48 ist über einen Druckregler 70 und eine Drossel 72 mit einem der drei Eingänge des 5-Wege-Schaltventils 66 verbunden. Die beiden anderen Eingänge des 5-Wege-Schaltventils 66 sind durch eine Leitung 82 mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbunden, der bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel als Vakuuminjektor ausgebildet ist.

Wie am besten in Fig. 5 dargestellt, weist der Vakuuminjektor 58 eine mit Druckluft P aus dem Druckluftbehälter 48 gespeiste Injektordüse 74 auf. Bei der Zufuhr von Druckluft in die Injektordüse 74 wird nach dem Venturi-Prinzip in einem den Auslass 76 der Injektordüse 74 umgebenden Ringraum 78 ein Unterdruck erzeugt, der über einen Anschlussstutzen 80 und die Leitung 82 an den beiden mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbundenen Einlässen des 5-Wege-Schaltventils 66 und bei jedem Umschalten desselben abwechselnd an jeweils einer der beiden Kammern 10, 12 angelegt wird, während die jeweils andere Kammer 12, 10 gleichzeitig mit Druckluft beaufschlagt wird.

An Stelle eines 5-Wege-Schaltventils könnte auch ein 4-Wege-Schaltventil verwendet werden, von dessen beiden Eingängen einer mit dem Druckluftbehälter 48 und der andere mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbunden ist, während die beiden Ausgänge jeweils mit einer der beiden Kammern 10, 12 verbunden sind, so dass diese bei jedem Umschalten des Ventils abwechselnd mit Druckluft bzw. mit Unterdruck beaufschlagt werden.

Zeitgleich mit dem Umschalten des 5-Wege-Schaltventils 66 werden auch die beiden Mehrwege-Schaltventile 44, 46 (Fig. 1) in den Druckluftzuleitungen der Pneumatikzylinder 32 umgeschaltet, um bei der unmittelbar zuvor entleerten Kammer 10 bzw. 12 den Auslass 18 bzw. 20 zu schließen und den Einlass 14 bzw. 16 zu öffnen, sowie bei der unmittelbar zuvor befüllten Kammer 12 bzw. 10 den Einlass 16 bzw. 14 zu schließen und den Auslass 20 bzw. 18 zu öffnen.

Wie am besten in Fig. 2 dargestellt, wird durch das Anlegen eines Unterdrucks U bei geöffnetem Einlass 16 Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 bzw. aus der Beschickungsleitung 24 in die eine Kammer 12 gesaugt, während die durch das Filterelement 50 in die andere Kammer 10 zugeführte Druckluft P den zuvor in diese Kammer 10 angesaugten Pulverlack 4 durch den Auslass 18 und durch den einen Arm des Y-förmigen Leitungsabschnitts 26 in

die Förderleitung 28 drückt. Um für eine möglichst reibungslose Förderung ohne größere Druckverluste zu sorgen, ist der Y-förmige Leitungsabschnitt 26 ebenso wie der Y-förmige Leitungsabschnitt 22 im Bereich seiner Biegungen, d.h. an den Verbindungsstellen zwischen dem Fuß und den beiden Armen des Y sowie zwischen dem jeweiligen Arm und dem Einlass 14, 16 der zugehörigen Kammer 10, 12 jeweils um weniger als 30 Grad gekrümmt.

Die während der Förderung durch das Filterelement 50 in die jeweilige Kammer 10, 12 zugeführte Druckluft drückt nicht nur den in der Kammer 10, 12 enthaltenen Pulverlack 4 in die Förderleitung 28, sondern reinigt auch die zylindrische innere Oberfläche des Filterelements 50 von anhaftendem Pulverlack 4, der infolge des zuvor angelegten Unterdrucks an diese Oberfläche angesaugt worden ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass der beim Beaufschlagen der Kammer 10, 12 mit Druckluft innerhalb der Kammer 10, 12 erzeugte Druckstoß nicht immer ausreicht, um auch die übrigen inneren Oberflächen der Kammer 10, 12 von Pulverpartikeln zu reinigen, da diese infolge einer triboelektrischen Aufladung relativ fest an den Oberflächen der Kammer 10, 12 haften können.

Grundsätzlich ist es zwar möglich, zur Reinigung einer Förderkammer, beispielsweise der Kammer 10, durch eine entsprechende Schaltung der Mehrwege-Schaltventile 44, 46 der Pneumatikzylinder 32 sowohl den Einlass 14 und den Auslass 18 dieser Kammer 10 zu öffnen (und den Einlass 16 und den Auslass 20 der anderen Kammer 12 zu schließen), um diese Kammer 10 dann zusammen mit der Förderleitung 26 und der Beschickungsleitung 24 vom Vorratsbehälter 6 oder von der Sprühpistole 8 her auszublasen.

Da eine derartige Reinigung des gesamten Förderstrangs jedoch nicht immer erwünscht ist, sind die beiden Kammern 10, 12 jeweils mit einem zusätzlichen Reinigungsventil 84 (Figuren 2 und 9) versehen, durch das Druckluft zur Reinigung der Kammer

10, 12 ins Innere derselben eingeblasen werden kann. Das zwischen dem Filterelement 50 und dem Einlass 14, 16 (oder dem Auslass 18, 20) radial von der Seite her in die Kammer 10, 12 mündende Reinigungsventil 84 besteht im Wesentlichen aus einem metallischen Rohrnippel 86 mit ringförmigem Querschnitt, der mittels eines Außengewindes auf seinem von der Kammer 10, 12 abgewandten dickeren Ende luftdicht in eine Innengewindebohrung eines über die Kammerwand 42 überstehenden Rohrstutzens 88 eingeschraubt ist und dessen der Kammer 10, 12 zugewandtes dünneres Ende stirnseitig geschlossen ist und in seiner zylindrischen Umfangswand 92 mehrere radiale Bohrungen 90 aufweist (vgl. auch Fig. 6). Auf dem dünneren Ende des Nippels 86 ist eine Membran in Form eines Schlauchstücks 94 aus einem gummielastischen Material befestigt, die unter Zugspannung lose gegen seine äußere Umfangsfläche anliegt und die Bohrungen 90 verschließt, wie in den Figuren 2 und 9 unten dargestellt. Während der Zufuhr von Druckluft in das Reinigungsventil 84 wird die Membran 94 durch die Druckluft von der äußeren Umfangsfläche des Nippels 86 abgehoben, so dass die Druckluft zwischen der Membran 94 und dieser Umfangsfläche hindurch in die Kammer 10 strömen kann, wie in den Figuren 2 und 9 oben dargestellt. Bei Beendigung der Druckluftzufuhr legt sich die verformte Membran 94 infolge ihrer elastischen Rückstellkraft wieder gegen die Umfangsfläche des Nippels 86 an und verhindert, dass bei einer späteren Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Druckluft Pulverlack 4 durch das Reinigungsventil 84 hindurch austreten kann.

Bei dem in Fig. 6 vergrößert dargestellten Reinigungsventil 84 ist zusätzlich zu der Membran ein Kugelrückschlagventil 96 vorgesehen, dessen Kugel 98 bei der Zufuhr von Druckluft in das Ventil 96 entgegen der Kraft einer Feder 102 aus ihrem Sitz gedrückt wird.

Im Unterschied zu der Vorrichtung 2 aus den Figuren 1 bis 6 ist bei der Vorrichtung 2 in den Figuren 7 bis 10 das Gehäuse 52 jedes Filterelements 50 mit zwei Anschlüssen 104 bzw. 106

versehen. Während der eine Anschluss 104 in der Nähe des auslassseitigen Stirnendes des Filterelements 50 angeordnet ist und mit Unterdruck beaufschlagbar ist, ist der andere Anschluss 106 in der Nähe des einlassseitigen Stirnendes des Filterelements 50 angeordnet und mit Druckluft P aus dem Druckluftbehälter 48 beaufschlagbar.

Wie am besten in Fig. 10 dargestellt, verzweigt sich dazu eine Leitung 108 zwischen dem 5-Wege-Schaltventil 66 und dem Gehäuse 52 jedes Filterelements 50, wobei in die beiden zu den Anschlüssen 104 bzw. 106 führenden Abzweigleitungen 110 und 112 jeweils ein federbelastetes Rückschlagventil 114, 116 mit umgekehrter Einbaurichtung eingesetzt ist, so dass sich bei Zufuhr von Druckluft in die Leitung 108 das vor dem Anschluss 104 angeordnete Rückschlagventil 114 entgegen der Federkraft öffnet, während das vor dem Anschluss 106 angeordnete Rückschlagventil 116 geschlossen bleibt. Umgekehrt öffnet sich beim Anlegen eines Unterdrucks in der Leitung 118 das Rückschlagventil 116 entgegen der Federkraft, während das Rückschlagventil 114 geschlossen bleibt.

Um die Förderleistung der Vorrichtung 2 weiter zu steigern, weisen außerdem die hohlzylindrischen Filterelemente 50 bei der Vorrichtung in den Figuren 7 bis 10 eine größere Länge bzw. ein größeres Länge/Innendurchmesser-Verhältnis auf, nämlich eine Länge von 80 bzw. 250 mm bei einem Innendurchmesser von 6 bzw. 12 mm und einer zugehörigen Kammerlänge zwischen der Mitte des einlass- und auslassseitigen Quetschventils 30 von 180 bzw. 400 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum pneumatischen Fördern von pulverförmigem Material, insbesondere von Pulverlack, bei dem eine durch einen verschließbaren Einlass mit einem Vorratsbehälter und durch einen verschließbaren Auslass mit einer Förderleitung verbindbare zylindrische Kammer abwechselnd mit Material aus dem Vorratsbehälter befüllt und entleert wird, indem die Kammer bei geschlossenem Auslass und bei geöffnetem Einlass durch eine von einem gasdurchlässigen Filterelement gebildete Begrenzungswand mit einem Unterdruck beaufschlagt wird, um Material aus dem Vorratsbehälter in die Kammer zu saugen, und indem die Kammer dann bei geschlossenem Einlass und bei geöffnetem Auslass mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagt wird, um das in die Kammer gesaugte Material in die Förderleitung zu drücken, dadurch gekennzeichnet, dass das gasdurchlässige Filterelement (50) als Hohlzylinder ausgebildet ist und mindestens einen Teil der Kammer (10, 12) umschließt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Entleerung durch das Filterelement (50) hindurch mit Druckgas beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Reinigung am Filterelement (50) vorbei mit Druckgas beaufschlagt wird, das durch ein Reinigungsventil (84) in die Kammer (10, 12) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterdruck von einem mit Druckgas beaufschlagten Vakuuminjektor (58) erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass parallel mit zwei Kammern (10, 12) gefördert wird, von denen die eine aus dem Vorratsbehälter (6) befüllt wird, während die andere in die Förderleitung (28) entleert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlässe (14, 16) und die Auslässe (18, 20) beider Kammern (10, 12) mittels zweier Verschlussmechanismen (30, 32) geöffnet und geschlossen werden, wobei einer der Verschlussmechanismen (30, 32) den Einlass (14; 16) von einer der beiden Kammern (10; 12) schließt und gleichzeitig den Einlass (16; 14) der anderen Kammer (12; 10) öffnet und der andere Verschlussmechanismus (30, 32) den Auslass (18; 20) der einen Kammer (10; 12) öffnet und gleichzeitig den Auslass (20; 18) der anderen Kammer (12; 10) schließt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung der einen Kammer (10; 12) mit einem Unterdruck und die gleichzeitige Beaufschlagung der anderen Kammer (12; 10) mit Druckgas durch ein einziges Mehrwege-Schaltventil (66) erfolgt.

8. Vorrichtung zum pneumatischen Fördern von pulverförmigem Material, insbesondere von Pulverlack, mit einer zylindrischen Kammer, die abwechselnd durch einen verschließbaren Einlass mit einem Vorratsbehälter und durch einen verschließbaren Auslass mit einer Förderleitung verbindbar ist, die eine von einem gasdurchlässigen Filterelement gebildete Begrenzungswand aufweist, die durch das Filterelement mit Unterdruck beaufschlagbar ist, um Gas aus der Kammer abzusaugen und die Kammer bei geschlossenem Auslass durch den geöffneten Einlass mit Material aus dem Vorratsbehälter zu befüllen, und die mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagbar ist, um das in die Kammer gesaugte Material bei geschlossenem Einlass durch den geöffneten Auslass in die Förderleitung zu drücken, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) als Hohlzylinder ausgebildet ist und mindestens einen Teil der Kammer (10, 12) umschließt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Filterelement (50) über mehr als ein Drittel der Länge

der Kammer (10, 12) zwischen dem Einlass (14, 16) und dem Auslass (18, 20) erstreckt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Umfangswandabschnitt (42) der Kammer (10, 12) beiderseits des Filterelements (50) nachgiebig ausgebildet ist, und dass am Einlass (14, 16) und am Auslass (18, 20) jeweils ein pneumatisches Quetschventil (30) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Innendurchmesser des Filterelements (50) im Wesentlichen dem Innendurchmesser von anschließenden Umfangswandabschnitten (42) der Kammer (10, 12), dem Innendurchmesser einer Beschickungsleitung (24) zwischen der Kammer (10, 12) und dem Vorratbehälter (6) und/oder dem Innendurchmesser der Förderleitung (28) entspricht.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlass (14, 16) und der Auslass (18, 20) an entgegengesetzten Stirnenden der Kammer (10, 12) angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) aus einem Sintermaterial besteht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) aus gesinterten Kunststoffpulver besteht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) eine Porengröße von weniger als 20 μm , vorzugsweise von weniger als 5 μm aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) von einem Gehäuse (52) umgeben ist, das durch einen zylindrischen Ringraum (54) vom Filterelement (50) getrennt ist und mindestens einen mit einem Unterdruckerzeuger (58) und/oder mit einer Druckgasquelle (48) verbindbaren Anschluss (56) aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (52) einen auslassseitigen Unterdruckanschluss (104) und einen einlassseitigen Druckgasanschluss (106) aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Reinigung durch ein Reinigungsventil (84) am Filterelement (50) vorbei mit Druckgas beaufschlagbar ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Reinigungsventil (84) eine Membran (94) aufweist, die während der Zufuhr von Druckgas durch das Reinigungsventil (84) elastisch verformt wird und eine Eintrittsöffnung in die Kammer (10, 12) freigibt und sich bei Beendigung der Druckgaszufuhr zurückverformt und die Eintrittsöffnung verschließt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, gekennzeichnet durch mindestens einen Vakuuminjektor (58) zum Beaufschlagen der Kammer (10, 12) mit Unterdruck.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 20, gekennzeichnet durch zwei Kammern (10, 12), von denen die eine durch Öffnen ihres Einlasses (14; 16) mit dem Vorratsbehälter (6) verbindbar ist und die andere im Wesentlichen gleichzeitig durch Öffnen ihres Auslasses (20; 18) mit der Förderleitung (28) verbindbar ist, und umgekehrt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch zwei Verschlussmechanismen (30, 32), von denen einer den Einlass

(14; 16) der einen Kammer (10; 12) schließt und gleichzeitig den Einlass (16; 14) der anderen Kammer (12; 10) öffnet und der andere den Auslass (18; 20) der einen Kammer (10; 12) öffnet und gleichzeitig den Auslass (20; 18) der anderen Kammer (12; 10) schließt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Verschlussmechanismus (30, 32) einen doppelwirkenden Pneumatikzylinder (32) mit zwei entgegengesetzten Kolbenstangen (34) aufweist, deren Enden (36) einen nachgiebigen Umfangswandabschnitt (42) der benachbarten Kammer (10, 12) eindrücken, um deren Einlass (14, 16) bzw. Auslass (18, 20) zu verschließen.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, gekennzeichnet durch ein einziges Mehrwege-Schaltventil (66) zur gleichzeitigen Beaufschlagung von einer Kammer (10; 12) mit Unterdruck und der anderen Kammer (12; 10) mit Druckgas.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Mehrwege-Schaltventil (66) zusammen mit mindestens einem weiteren Mehrwege-Schaltventil (44, 46) in einer Druckluftzufuhrleitung zu den Pneumatikzylindern (32) der beiden Verschlussmechanismen (30, 32) betätigbar ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Kammern (10, 12) durch Y-förmige Leitungsabschnitte (22, 26) mit einer zum Vorratsbehälter (6) führenden Beschickungsleitung (24) bzw. mit der Förderleitung (28) verbunden sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderweg im Bereich der Y-förmigen Leitungsabschnitte (22, 26) Biegungen von weniger als 30 Grad aufweist.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.